第 2 講　2025 年度 第 2 問＆演習問題

■ 2025 年度 本試験

第 2 問　空気に含まれる気体成分の発見と質量保存の法則に関する次の問い **(問 1〜3)** に答えよ。(配点　20)

問 1　中世の頃から，(a)濃硝酸を加熱して生じる混合気体にはロウソクの火を激しく燃焼させる気体が含まれることが知られていた。1772 年にシェーレは，酸化マンガン，酸化水銀などの熱分解によって生じた気体が物質を燃焼させる性質をもつことを見つけた。また，1774 年にプリーストリーも，酸化水銀の熱分解で発生させた気体が同じ性質を示すことを見つけた。次の問い **(a・b)** に答えよ。

a　下線部 (a) に関して，濃硝酸中の HNO_3 が熱分解すると次の式 (1) に従って二酸化窒素 NO_2，酸素 O_2，水 H_2O が生じる。

$$\boxed{\ 111\ }\ HNO_3 \longrightarrow \boxed{\ 112\ }\ NO_2 + O_2 + \boxed{\ 113\ }\ H_2O \qquad (1)$$

式 (1) の係数 $\boxed{\ 111\ }$ 〜 $\boxed{\ 113\ }$ に当てはまる数字を，次の ① 〜 ⑨ のうちから一つずつ選べ。ただし，係数が 1 の場合は ① を選ぶこと。同じものを繰り返し選んでもよい。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

b　O_2 に関する記述として最も適当なものを，次の ① ～ ⑤ のうちから一つ選べ。 **114**

① 浄水場で水の殺菌，消毒に用いられる。
② 空気に含まれる気体のうち，体積比で 3 番目に多い。
③ 酸化マンガン (IV) に過酸化水素水を加えると発生する。
④ お湯に発泡入浴剤を加えると発生する。
⑤ スナック菓子の袋に充填（じゅうてん）されている。

問2　1774年にラボアジエは，(b)<u>密閉容器に入れた水銀と空気中の酸素が反応</u>することで生じる酸化水銀の質量と，減少した酸素の体積を精密に測定した。これにより，質量保存の法則が成り立つことを確かめた。次の問い (a・b) に答えよ。

a　下線部（b）に関して，ラボアジエが行った実験の模式図を図 1 に示した。ガラス容器 **A** に水銀 Hg を入れ，容器 **A** の開口部が，水銀を入れた槽(そう)の水銀から出るようにしてから，ガラス容器 **B** をかぶせた。このとき，**A** と **B** の空間はつながっており，空気が満たされた状態で密閉されている。その後，**A** 内の水銀を適切な温度で十分な時間加熱すると，**A** 内の水銀の表面に赤色の酸化水銀 HgO（式量 217）が 2.17g 生じ，**B** 内の気体の体積が減少した。この反応によって消費された O_2 の体積は，0℃, 1.013×10^5Pa において何 L か。最も適当な数値を，後の ① ～ ④ のうちから一つ選べ。 **115** L

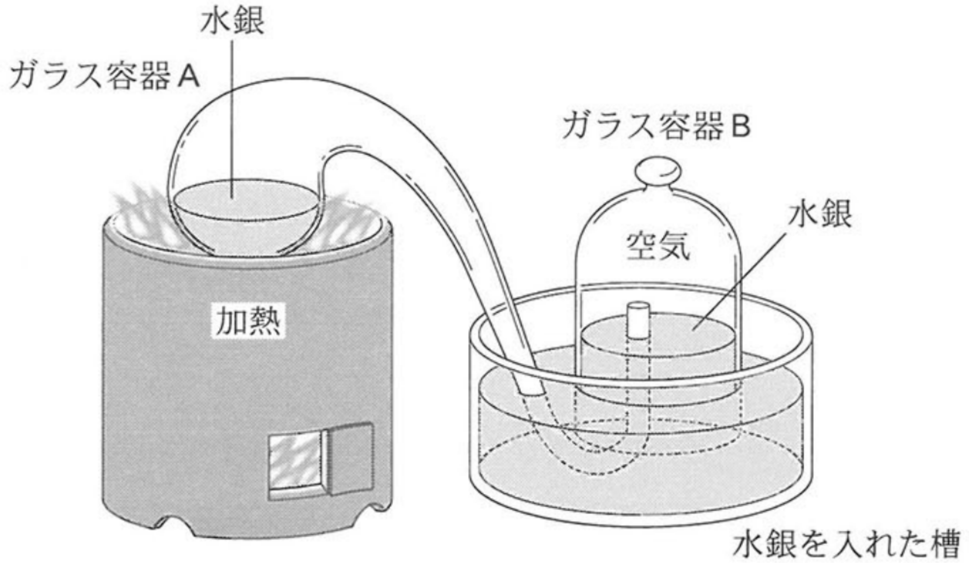


図 1　ラボアジエが行った実験の模式図

① 0.112　　② 0.224　　③ 1.12　　④ 2.24

b　金属元素の単体および酸化物の反応性に関する記述として**誤りを含むもの**はどれか。最も適当なものを，次の ① ～ ⑤ のうちから一つ選べ。

116

① カルシウムは乾燥した空気中で容易に酸化される。

② アルミニウムを乾燥した空気中に放置すると，表面に酸化被膜が生じる。

③ 鉄を湿った空気中に放置しても酸化されない。

④ 酸化銀 (I) を加熱すると銀と酸素に分解する。

⑤ 酸化銅 (II) を水素中で加熱すると銅と水が生じる。

問 3　レイリーは，空気から水蒸気 H_2O，二酸化炭素 CO_2 および O_2 を取り除いた気体Xの密度が，(c)窒素を含む化合物を分解することで得た純粋な窒素 N_2 の密度よりも大きくなるという実験結果を得た。この結果を 1892 年に公表し広く助言を求めたが原因はわからなかった。1894 年にラムゼーとともに，気体 X から N_2 を取り除くことにより，化学的に不活性で N_2 よりも密度が大きい気体を純物質として取り出すことに成功した。その後，その取り出した気体が未知の物質であることが証明され，ギリシャ語の「なまけもの」という意味の言葉をもとに「アルゴン (Ar)」と名付けられた。次の問い (**a**・**b**) に答えよ。

a　下線部 (c) に関連して，亜硝酸ナトリウム $NaNO_2$ (式量 69.0) と塩化アンモニウム NH_4Cl (式量 53.5) を溶かした水溶液を加熱すると N_2 が生成する。この反応は次の式 (2) で表される。

$$NaNO_2 + NH_4Cl \longrightarrow N_2 + 2\,H_2O + NaCl \qquad (2)$$

濃度が不明の NH_4Cl 水溶液を 100mL ずつはかり取り，それぞれに異なる物質量の $NaNO_2$ を溶かした。この混合水溶液を加熱し，反応が十分に進行したときに生成した N_2 の体積を 0℃，1.013×10^5 Pa において測定したところ，表 1 の結果が得られた。もとの水溶液 100mL に溶けていた NH_4Cl は何 g か。最も適当な数値を，後の ① ～ ⑤ のうちから一つ選べ。必要があれば，次ページの方眼紙を使うこと。 **117** g

表 1　用いた $NaNO_2$ の物質量と生成した N_2 の体積の関係

$NaNO_2$ の物質量 (mol)	生成した N_2 の体積 (mL)
4.00×10^{-3}	89.6
8.00×10^{-3}	179
12.0×10^{-3}	224
16.0×10^{-3}	224
20.0×10^{-3}	224

① 0.0535　② 0.428　③ 0.535　④ 0.642　⑤ 5.35

b　レイリーが得た実験結果では，気体 X の密度は純粋な N_2 の密度よりも 0.50％大きかった。気体 X に含まれるアルゴン Ar の体積百分率は何％か。その数値の小数第 2 位を四捨五入して次の形式で表すとき，［118］と［119］に当てはまる数字を，後の ① ～ ⓪ のうちから一つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。ただし，気体 X には Ar と N_2 以外は含まれていないものとする。

Ar の体積百分率［118］.［119］％

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

＜　MEMO　＞

■演習問題

1 次の文章を読み，後の問い（**問 1〜5**）に答えよ。

ある生徒は，「血圧が高めの人は，塩分の取りすぎに注意しなくてはいけない」という話を聞き，しょうゆに含まれる塩化ナトリウム NaCl の量を分析したいと考え，文献を調べた。

文献の記述

> 水溶液中の塩化物イオン Cl^- の濃度を求めるには，指示薬として少量のクロム酸カリウム K_2CrO_4 を加え，硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液を滴下する。水溶液中の Cl^- は，加えた銀イオン Ag^+ と反応し塩化銀 AgCl の白色沈殿を生じる。 Ag^+ の物質量が Cl^- と過不足なく反応するのに必要な量を超えると，(a) 過剰な Ag^+ とクロム酸イオン $CrO_4{}^{2-}$ が反応してクロム酸銀 Ag_2CrO_4 の暗赤色沈殿が生じる。したがって，滴下した $AgNO_3$ 水溶液の量から，Cl^- の物質量を求めることができる。

そこでこの生徒は，3 種類の市販のしょうゆ **A〜C** に含まれる Cl^- の濃度を分析するため，それぞれに次の**操作**Ⅰ〜Ⅴを行い，表 1 に示す実験結果を得た。ただし，しょうゆには Cl^- 以外に Ag^+ と反応する成分は含まれていないものとする。

操作Ⅰ　ホールピペットを用いて，250mL のメスフラスコに 5.00mL のしょうゆをはかり取り，標線まで水を加えて，しょうゆの希釈溶液を得た。

操作Ⅱ　ホールピペットを用いて，**操作**Ⅰで得られた希釈溶液から一定量をコニカルビーカーにはかり取り，水を加えて全量を 50mL にした。

操作Ⅲ　**操作**Ⅱのコニカルビーカーに少量の K_2CrO_4 を加え，得られた水溶液を試料とした。

操作Ⅳ　**操作**Ⅲの試料に 0.0200mol/L の $AgNO_3$ 水溶液を滴下し，よく混ぜた。

操作Ⅴ　試料が暗赤色に着色して，よく混ぜてもその色が消えなくなるまでに要した滴下量を記録した。

表 1　しょうゆ **A〜C** の実験結果のまとめ

しょうゆ	**操作** Ⅱ ではかり取った希釈溶液の体積 (mL)	**操作** Ⅴ で記録した $AgNO_3$ 水溶液の滴下量 (mL)
A	5.00	14.25
B	5.00	15.95
C	10.00	13.70

問 1　下線部 (a) に示した $CrO_4{}^{2-}$ に関する次の記述を読み，後の問い (**a**・**b**) に答えよ。

この実験は水溶液が弱い酸性から中性の範囲で行う必要がある。強い酸性の水溶液中では，次の式 (1) に従って，$CrO_4{}^{2-}$ から二クロム酸イオン $Cr_2O_7{}^{2-}$ が生じる。

$$\boxed{\text{ア}}\ CrO_4{}^{2-} + \boxed{\text{イ}}\ H^+ \longrightarrow \boxed{\text{ウ}}\ Cr_2O_7{}^{2-} + H_2O \quad (1)$$

したがって，試料が強い酸性の水溶液である場合，$CrO_4{}^{2-}$ は $Cr_2O_7{}^{2-}$ に変化してしまい指示薬としてはたらかない。式 (1) の反応では，クロム原子の酸化数は反応の前後で $\boxed{\text{エ}}$。

a　式 (1) の係数 $\boxed{\text{ア}}$ 〜 $\boxed{\text{ウ}}$ に当てはまる数字を，後の ① 〜 ⑨ のうちから一つずつ選べ。ただし，係数が 1 の場合は ① を選ぶこと。同じものを繰り返し選んでもよい。

ア $\boxed{1}$　　**イ** $\boxed{2}$　　**ウ** $\boxed{3}$

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

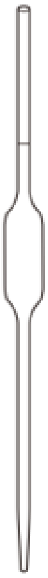
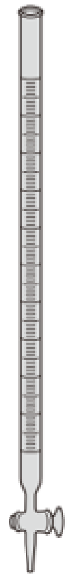
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

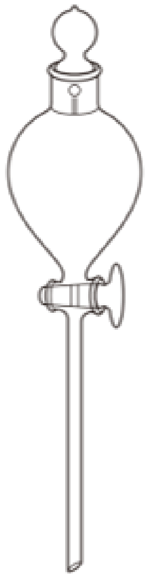
b　**空欄** [**エ**] に当てはまる記述として最も適当なものを，後の ①～④ のうちから一つ選べ。

エ [4]

① +3 から +6 に増加する
② +6 から +3 に減少する
③ 変化せず，どちらも +3 である
④ 変化せず，どちらも +6 である

問 2　**操作Ⅳで，** $AgNO_3$ 水溶液を滴下する際に用いる実験器具の図として最も適当なものを，次の ①～④ のうちから一つ選べ。[5]

①

②

③

④


問 3　**操作**Ⅰ～Ⅴおよび表 1 の実験結果に関する記述として**誤りを含むもの**を，次の ① ～ ⑤ のうちから二つ選べ。ただし，解答の順序は問わない。

6
7

① **操作**Ⅰで用いるメスフラスコは，純水での洗浄後にぬれているものを乾燥させずに用いてもよい。

② **操作**Ⅲの K_2CrO_4 および**操作**Ⅳの $AgNO_3$ の代わりに，それぞれ Ag_2CrO_4 と硝酸カリウム KNO_3 を用いても，**操作**Ⅰ～Ⅴによって Cl^- のモル濃度を正しく求めることができる。

③ しょうゆの成分として塩化カリウム KCl が含まれているとき，しょうゆに含まれる NaCl のモル濃度を，**操作**Ⅰ～Ⅴにより求めた Cl^- のモル濃度と等しいとして計算すると，正しいモル濃度よりも高くなる。

④ しょうゆ **C** に含まれる Cl^- のモル濃度は，しょうゆ **B** に含まれる Cl^- のモル濃度の半分以下である。

⑤ しょうゆ **A**～**C** のうち，Cl^- のモル濃度が最も高いものは，しょうゆ **A** である。

問 4　**操作Ⅳ**を続けたときの，$AgNO_3$ 水溶液の滴下量と，試料に溶けている Ag^+ の物質量の関係は図 1 で表される。ここで，**操作Ⅴ**で記録した $AgNO_3$ 水溶液の滴下量は a(mL) である。このとき，$AgNO_3$ 水溶液の滴下量と，沈殿した AgCl の質量の関係を示したグラフとして最も適当なものを，後の ① ～ ⑥ のうちから一つ選べ。ただし，$CrO_4{}^{2-}$ と反応する Ag^+ の量は無視できるものとする。 **8**

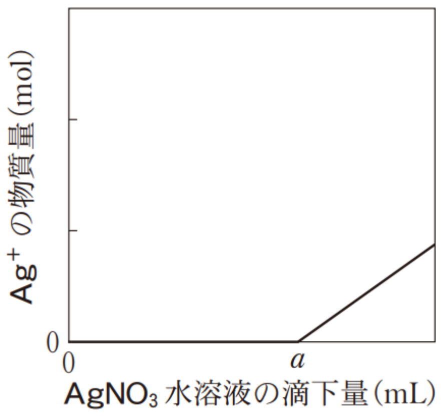
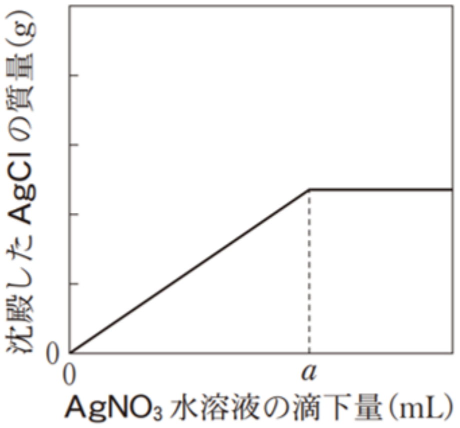
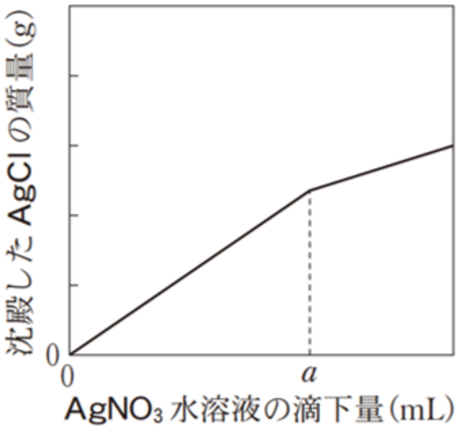


図 1　$AgNO_3$ 水溶液の滴下量と試料に溶けている Ag^+ の物質量の関係

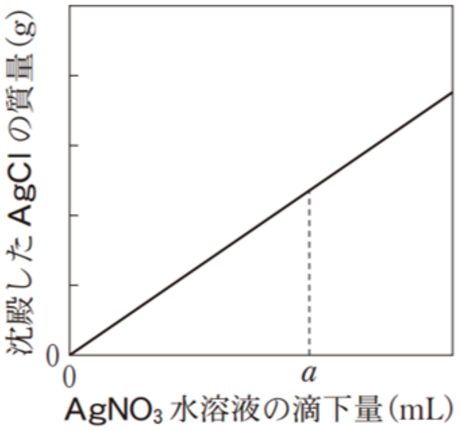
①


沈殿した AgCl の質量(g)
0
0
a
$AgNO_3$ 水溶液の滴下量(mL)

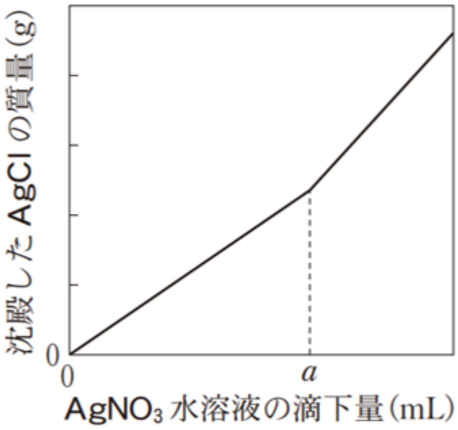
②


沈殿した AgCl の質量(g)
0
0
a
$AgNO_3$ 水溶液の滴下量(mL)

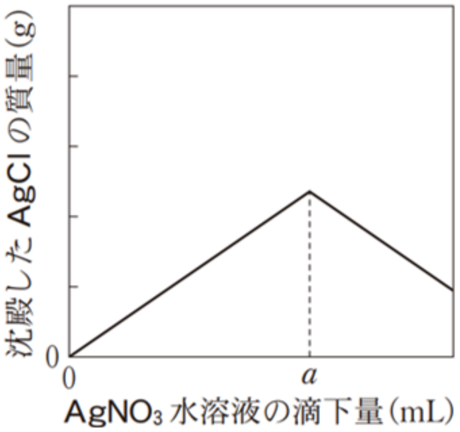
③


沈殿した AgCl の質量(g)
0
0
a
$AgNO_3$ 水溶液の滴下量(mL)

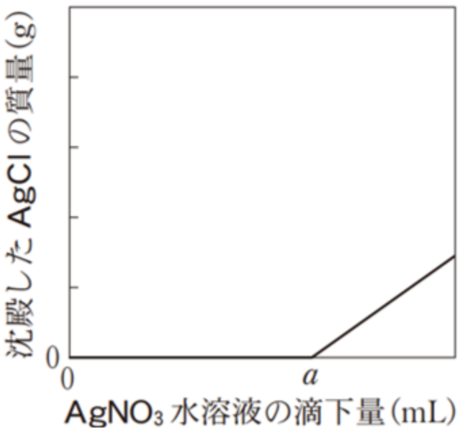
④


沈殿した AgCl の質量(g)
0
0
a
$AgNO_3$ 水溶液の滴下量(mL)

⑤


沈殿した AgCl の質量(g)
0
0
a
$AgNO_3$ 水溶液の滴下量(mL)

⑥


沈殿した AgCl の質量(g)
0
0
a
$AgNO_3$ 水溶液の滴下量(mL)

問 5　次の問い (a・b) に答えよ。

a　しょうゆ **A** に含まれる Cl^- のモル濃度は何 mol/L か。最も適当な数値を，次の ①～⑥ のうちから一つ選べ。 **9** mol/L

① 0.0143　　② 0.0285　　③ 0.0570
④ 1.43　　⑤ 2.85　　⑥ 5.70

b　15mL(大さじ一杯相当) のしょうゆ **A** に含まれる NaCl の質量は何 g か。その数値を小数第 1 位まで次の形式で表すとき， **10** と **11** に当てはまる数字を，後の ①～⓪ のうちから一つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。ただし，しょうゆ **A** に含まれるすべての Cl^- は NaCl から生じたものとし，NaCl の式量を 58.5 とする。

NaCl の質量 **10** . **11** g

① 1　　② 2　　③ 3　　④ 4　　⑤ 5
⑥ 6　　⑦ 7　　⑧ 8　　⑨ 9　　⓪ 0

（2023 年 大学入学共通テスト）

＜　MEMO　＞

第 2 講　2025 年度 第 2 問＆演習問題　解答

■ 2025 年度 本試験

問題番号（配点）	設問	解答番号	正解	配点
第 2 問（20）	1	111	4	4
		112	4	
		113	2	
		114	3	3
	2	115	1	3
		116	3	3
	3	117	3	4
		118	1	3
		119	2	

■演習問題

問題番号	設問	解答番号	正解
1	問 1	1	2
		2	2
		3	1
		4	4
	問 2	5	2
	問 3	6	2
		7	5
	問 4	8	1
	問 5	9	5
		10	2
		11	5

＜　MEMO　＞